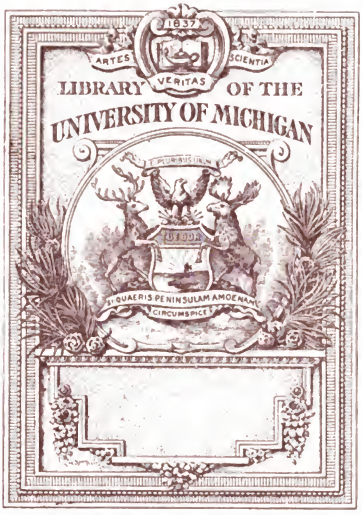
Ueberreicht vom Verfasser

Digitized by Google



Digitized by Google

FERDINAND BRAUN. Pamphlets QC 601 .B83
CONTENTS

- Braun,F. Ueber bewegung hervorgebracht durch den electrischen strom.
- Braun,F. Ueber ein verfahren zur demonstration u.z.studium d.zeitlichen verlaufes variabler ströme.
- Braun,F. Zur physikalischen deutung der thermoelectricität.

Digitized by Google

F. Braun.

Ueberreicht vom Verfasser.

mit freundl. Grüßen

Ueber Bewegungen, hervorgebracht durch den electrischen Strom.

Von

Ferdinand Braun.

Separat-Abdruck aus den

Annalen der Physik und Chemie.

Neue Folge. Band 63.

1897.

Leipzig,

Johann Ambrosius Barth.

Digitized by Google

BEZOLD, W. von, Hermann von Helmholtz. Gedächtnissrede, gehalten in der Singakademie zu Berlin. 32 Seiten. Mit einem Porträt H.'s nach einem Ölgemälde von F. von Lenbach. 1895. M. 1.50

BOLTZMANN, L., Vorlesungen über die Prinzipe der Mechanik. *I. Theil.* X, 241 Seiten. 1897. (Erscheint im Herbst.) M. 6.—

Man sprach in neuerer Zeit viel über die Dunkelheiten in den Prinzipien der Mechanik und suchte sie dadurch zu beseitigen, dass man der Mechanik ein ganz neues, fremdartiges Gewand gab. Der Verf. hat hier den entgegengesetzten Weg eingeschlagen und versucht, ob sich nicht bei möglichst treuer Darstellung der Mechanik in ihrer alten classischen Form die Dunkelheiten ebenfalls vermeiden liessen, theils indem er gewisse Dinge, die man früher überging, oder als selbstverständlich nur obenhin berührte, ausführlich behandelte, theils indem er jede berechtigte Kritik sorgfältig berücksichtigte.

Ein II und später ein III. Theil soll noch erscheinen.

BOLTZMANN, L., Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektricität und des Lichtes. *I. Theil.* XII, 139 Seiten mit vielen Textfiguren und 2 lithographischen Tafeln. 1891. M. 5.—. *II. Theil.* VIII, 166 Seiten mit Figuren im Text und zwei Tabellen. 1893. M. 5.—

Nur ein Boltzmann konnte den oft unentwirrbar complicirtenPlan des Maxwell'schen Lehrgebäudes bis in alle Details so verstehen, um ihn mit dieser Klarheit blosszulegen. Aus den einfachsten Annahmen — den Gesetzen der cyklischen Bewegungen und der Lagrange'schen Gleichung — entwickeln sich die weittragendsten Schlüsse mit einer Klarheit und Eleganz, die neben der vollendeten wissenschaftlichen Befriedigung auch einen hervorragenden ästhetischen Genuss bietet.

BOLTZMANN, L., Vorlesungen über Gastheorie. *I. Theil:* Theorie der Gase mit einatomigen Molekülen, deren Dimensionen gegen die mittlere Weglänge verschwinden. IV, 200 Seiten. 1895. M. 6.—

In dem Werke, das aus an der Münchener und Wiener Universität gehaltenen Vorlesungen entstanden ist, versucht der Verfasser, vor Allem die bahnbrechenden Arbeiten von Clausius und Maxwell übersichtlich wiederzugeben. Aber auch seinen eigenen Arbeiten ist einiger Platz gegönnt. Eine kurzgefasste, möglichst leichtverständliche Darstellung einiger Hauptresultate der Gastheorie Boltzmann's wird von den Fachgenossen gewiss mit grosser Freude begrüsst werden.

BOYS, C. V., Seifenblasen. Vorlesungen über Capillarität. Autorisirte deutsche Übersetzung von Dr. G. Meyer. VIII, 86 Seiten mit 56 Abbildungen und 1 lith. Tafel. 1893. M. 3.—

CHRISTIANSEN, C., Elemente der theoretischen Physik. Deutsch herausgegeben von Joh. Müller. Mit einem Vorwort von E. Wiedemann. VIII, 458 Seiten mit 134 Figuren. 1894. M. 10.—

Es fehlte bisher ein kurzes Lehrbuch der theoretischen Physik, in dem auf beschränktem Raume die wichtigsten Lehren dieses Gebietes soweit entwickelt werden, dass es nach Durcharbeiten desselben möglich ist, Originalarbeiten, die nicht gerade allzu sperielle Probleme betreffen, zu verstehen. Wie nöthig und nützlich eine solche Einführung in die theoretische Physik ist, werden Viele empfunden haben und Christiansens Werk, vom Verfasser und von Fachgelehrten umgearbeitet und deutschen Verhältnissen angepasst, wird zweifelsohne den jungen Physiker und Mathematiker bei seinen Studien wesentlich fördern.

EBERT, H., Magnetische Kraftfelder. Die Erscheinungen des Magnetismus, Elektromagnetismus und der Induktion, dargestellt auf Grund des Kraftlinien-Begriffes. Zwei Theile in einem Bande. XXVIII, 499 Seiten mit 140 Abbildungen und 3 Tafeln. 1897. M. 18.—, geb. M. 19.—

Der Verfasser hat es versucht, die Lehre vom Magnetismus und der Elektricität durchweg dem neuesten Stande der theoretischen Erkenntnis entsprechend aus den Fundamenten zu entwickeln. Noch fehlte es an einem Lehrbuche, welches die neueren Anschauungen in leicht fasslicher Weise in dem Umfange entwickelte, in welchem sie etwa in den Rahmen einer Vorlesung über Experimentalphysik aufzunehmen sind. Das vorliegende Werk hat, nach dem Urteile der Kritik, diese Lücke ausgefüllt.

EBERT, H., Anleitung zum Glasblasen. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. VIII, 104 Seiten mit 58 Abbildungen. 1895. M. 2.—

Chemiker-Zeitung: Die Erfahrungen, welche der Verfasser sowohl beim Glasblasen wie beim Unterricht gesammelt hat, haben ihn auf den fruchtbaren Gedanken gebracht, die Anleitung zum Glasblasen in die Form eines systematischen, aus fünf Übungsstufen bestehenden Unterrichtskursus zu bringen, welcher alle im Laboratorium gewöhnlich zur Anwendung kommenden Glasbläserarbeiten berücksichtigt... Die Darstellung ist knapp und überaus klar und lässt überall erkennen, dass der Verfasser, welcher es in seiner Wissenschaft zu hohem Ansehen gebracht hat, auch in der Kunst des Glasblasens Me

Digitized by Google

Digitized by Google

G
Prof. ... Ziv
Sept. 18 ...

44. *Ueber Bewegungen, hervorgebracht durch den electrischen Strom; von Ferdinand Braun.*

1. Die Erscheinungen der electrischen Endosmose, deren Gesetze zuerst durch G. Wiedemann[1]) und später unter theoretisch einfacheren Bedingungen von G. Quincke[2]) studirt wurden, sind vielfach zur Erklärung biologischer Erscheinungen, welche der electrische Strom bewirkt, herangezogen worden. Die Fortführung durch organisirte Körper haben in dieser Rücksicht insbesondere du Bois-Reymond[3]) und Munk[4]) verfolgt. Bei allen seither studirten Wirkungen muss eine erhebliche Electricitätsmenge den Körper durchfliessen, ehe eine bemerkbare Aenderung eintreten kann, und es erscheint daher zweifelhaft, ob sie in dieser directen Weise zur Geltung kommen. Man scheint aber eine Folgerung übersehen zu haben, welche auf eine fast momentane Wirkung führt. Ich möchte im Folgenden auf dieselbe hinweisen.

2. Wenn eine imbibitionsfähige Membran zwei verschiedene Electrolyte *A* und *B* trennt und man lässt vom einen zum anderen Electrolyten einen Strom fliessen, so wird je nach der Stromrichtung der eine oder andere Electrolyt in die Membran geführt. Nun ändert sich die Spannung solcher Membranen im allgemeinen mit der Natur der aufgesaugten Flüssigkeiten. Verhält sich die Membran in dieser Beziehung gegen die Lösungen *A* und *B* verschieden, so muss daher eine mit der Stromrichtung wechselnde Spannungsänderung eintreten und zwar, wenn die Membran sehr dünn, der Uebergang der Flüssigkeit *A* in die Flüssigkeit *B* sehr jäh ist, in sehr kurzer Zeit. Ist die Membran gekrümmt, so muss dies eine Aenderung der Krümmung und damit eine Bewegung der Membran, welche an der Kuppe derselben am stärksten ist, bewirken. Erfolgt

1) G. Wiedemann, Pogg. Ann. **87.** p. 321. 1852.
2) G. Quincke, Pogg. Ann. **113.** p. 513. 1861.
3) du Bois-Reymond, Monatsber. Berl. Akad. 1860. p. 172 u. 846.
4) H. Munk, du Bois-Reymond u. Reichert's Archiv 1873. p. 241.

Digitized by Google

die Bewegung nach der Flüssigkeit *A* hin für eine positive Krümmung, so muss sie von *A* weg gehen für eine negative Krümmung. Es ist also eine Bewegung zu erwarten, welche, bezogen auf den äusseren Raum ceteris paribus, commutirt mit dem Sinn des Stromes und der Krümmung. Es fragt sich nur, wie sich quantitativ die Erscheinung gestaltet.

3. Es zeigen nun einfache Versuche, dass die Bewegungen stark genug sind, um bei aufmerksamer Beobachtung schon mit blossem Auge wahrgenommen zu werden. Es wurde ein Glastrog benutzt, der durch eine ebene Glaswand in zwei Kammern getrennt war. Die Scheidewand enthielt eine kreisförmige Oeffnung von etwa 1,5 cm Durchmesser. Diese wurde mit Schweins- oder besser mit Hausenblase überzogen. Man sorgte durch einseitige Druckerhöhung für eine Ausbauchung der Membran. Lässt man dann einen Strom von etwa 0,1 Amp. hindurchfliessen, so ist die Bewegung der Membran zu erkennen.

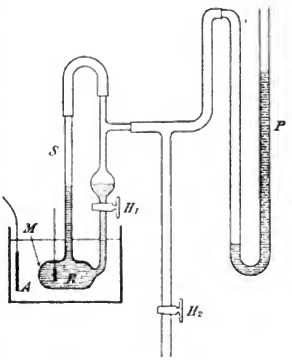


Fig. 1.

4. Für eine genauere Prüfung benutzte ich die folgende Anordnung (Fig. 1): Die Membran *M* trennt die beiden Flüssigkeiten *A* und *B*. Die *B* enthaltende Röhre ist ca. 1,5 cm, das Steigrohr *S* etwa 2 mm weit. Mittels des mit Wasser gefüllten Manometers *P* kann man einen Ueber- oder Unterdruck auf die Flüssigkeit *B* ausüben, der einer Wassersäule von rund 1 m entspricht und somit die Krümmung der Membran nach Grösse und Sinn ändern. Die Hähne H_1 und H_2 werden geschlossen, wenn die gewünschte Druckdifferenz erreicht ist. Die in *B* eingeführte Electrode ist der Membran *M* möglichst nahe gebracht, um den störenden Einfluss der Joule'schen Wärme möglichst zu verkleinern. Natürlich kommt diese, ebenso wie die Fortführung durch die Membran hindurch als Fehlerquelle in den Versuch hinein. Doch zeigen

166724

Digitized by Google

sich die Erscheinungen in fast momentanen Bewegungen der Flüssigkeitskuppe im Steigrohr sehr klar und deutlich. Sie liegen zwischen blossen Aenderungen der Meniscuskrümmung und Verschiebungen von 1 bis 2 mm und unterscheiden sich deutlich, namentlich bei raschem Umlegen des Stromes, von den langsamen fortdauernden Verschiebungen, welche die störenden erwähnten Umstände herbeiführen. Die Bewegung des Meniscus ändert mit grösster Regelmässigkeit ihren Sinn mit dem Sinn der Membrankrümmung. Nur bei steifen Membranen und geringer Krümmung habe ich Unregelmässigkeiten beobachtet, welche mich eine Zeit lang störten, bis ich ihren einfachen Grund erkannte. Die Membran besitzt dann an der einen Stelle positive, an der anderen negative Krümmung und schlägt plötzlich, scheinbar ganz unregelmässig, in der einen oder anderen Richtung durch ihre Anfangslage hindurch.

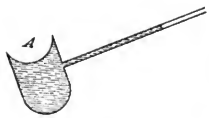


Fig. 2.

Die Stärke der Wirkungen hängt natürlich ausser vom Strom ab von der Natur der Flüssigkeiten und dem Verhalten der Membran gegen dieselben. Um Gasentwickelungen in *B* zu vermeiden, benutzte ich als Flüssigkeit *B* für diese Zink- und Kupferlösungen. Als äussere Flüssigkeit wurden sehr verschiedene Lösungen verwendet, sowohl solche (wie Natroncarbonat, Natronhydrat, Ferrocyankalium), welche Niederschläge mit *B* geben, wie auch andere (Wasser, verdünnte Schwefelsäure, z. B. *A* Schwefelsäure von 1,05, *B* Zinkvitriol von 1,25 spec. Gewicht). Auch mit Lösungen des in *B* enthaltenen Salzes, wenn dieselben nur eine andere Concentration besitzen, zeigen sich die Erscheinungen; sie verschwinden aber, wie zu erwarten, wenn beide Lösungen gleich concentrirt sind. Auf Einzelheiten will ich hier nicht eingehen; auf einige auffallende Beobachtungen komme ich vielleicht später zurück.

5. Dass die Aenderungen der Membranspannung im Sinn der durch den Strom bewirkten Bewegungen gehen, zeigen leicht Versuche der folgenden Art. Man bringe das Gefäss in die Lage, die Membran in die Gestalt, wie Fig. 2 zeigt. Giesst man in den Hohlraum *A* verschiedene Flüssigkeiten oder leitet z. B.

Digitized by Google

Aetherdampf hinein, so treten entsprechende Bewegungen des Meniscus ein.

6. Endlich habe ich die Aenderungen der Membranspannung direct verfolgt, indem ich in ein altes Saussure'sches Hygrometer statt des Haares einen Streifen der Membran einspannte und denselben abwechselnd in verschiedene Lösungen tauchte. Der Zeiger des Instrumentes macht dann starke Bewegungen, es treten aber sehr eigenthümliche scheinbare Unregelmässigkeiten dabei auf.

7. Denkt man sich eine Reihe von Zellen etwa von der in Fig. 3 gezeichneten Gestalt, innen mit conc. Lösung gefüllt, aussen von verdünnter umgeben und schickt einen Strom im Sinn des Pfeiles hindurch, so wird eine Gestaltsänderung eintreten, wie sie die Figur andeutet. Sie werden sich verhalten wie Quecksilbertropfen in verdünnter Schwefelsäure, und da der Schwerpunkt in dem Zellinhalt wandert, so wird sich die ganze Zelle, falls sie beweglich ist, verschieben.

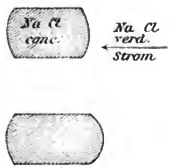


Fig. 3.

8. Wieweit die hier mitgetheilten Versuche auf biologische Vorgänge anwendbar sind, dies zu entscheiden überlasse ich den betreffenden Fachleuten. Dass sie aber bei manchen gelegentlich von solchen gemachten Beobachtungen heranzuziehen sind, erscheint mir ausser Frage, z. B. bei den Beobachtungen, über welche L. Hermann[1]) vor kurzem berichtete und die sich auf Bewegungen von Nervenmark durch den Strom beziehen. Ich glaube, dass dieselben sich in vielen Einzelheiten aus den angegebenen Principien erklären. Auch die Beobachtungen von Verworn[2]) über die Gestaltsänderungen von Amöben wären in diesem Sinne zu prüfen. Jedenfalls wird man bei derartigen Versuchen und der Frage, ob sie auf physikalische Grundlage im Sinn des Mitgetheilten zurückführbar sind, zu achten haben auf die Krümmung und das, ich möchte sagen, quasi-capillare Verhalten der Oberfläche des betreffenden Objects gegen die Versuchsflüssigkeit. Nach

1) L. Hermann, Pflüger's Archiv f. Physiologie **67.** p. 240. 1897.
2) M. Verworn, l. c. **65.** p. 47. 1896.

Digitized by Google

Analogie der in 5. angeführten Versuche scheint es im Princip jedenfalls möglich, dies immer experimentell festzustellen.

Ich bemerke endlich, dass die Versuche schon vor nahezu drei Jahren angestellt worden sind, ohne damit gegen etwaige Prioritätsreclamationen etwas aussagen zu wollen.

Victoria (Vancouver), 6. September 1897.

Erst nach meiner Rückkehr hierher komme ich dazu, die Arbeiten von Hermann und Verworn, die ich seither nur aus Referaten in der naturwissenschaftlichen Rundschau kannte, im Original durchzusehen. Ich ersehe aus denselben, dass sie Erscheinungen beschreiben, welche ich im Anschluss an die vorstehenden Beobachtungen als in der Natur bei geeigneten Objecten auffindbar betrachtete. Hermann erwähnt eine vielfach ähnliche Erklärungsart — nur sollte er da, wo er von Oberflächenspannung oder Coagulation spricht, direct, wie hier geschehen, Spannung einer imbibitionsfähigen Membran setzen. Ich kenne seine Versuche nicht aus eigener Anschauung, würde aber glauben, dass sich viele derselben bei einer Wiederholung ad hoc erklären; nur dass „in der Regel" die Richtung des Stromes im Nerven einen entscheidenden Einfluss hat, ist mir vorerst unverständlich. — Auch auf die Beobachtungen von Verworn scheint mir einiges Licht zu fallen; z. B. die Gestaltsänderungen, welche er in Fig. 3 angiebt, würden erklärbar sein, wenn die Membran gewissermaassen aus starreren und dünneren Partien bestände. Letztere müssten bei der von ihm angegebenen Stromrichtung sich mit Wasser durchtränken, ihre Krümmung daher stark zunehmen (wie sie es thun) und die ganze Kuppe daher an der betreffenden Stelle stark schrumpfen (wie er beobachtet). Ob die Schwerpunktsverlegung die Fortbewegung erklärt, würde der Versuch leicht entscheiden lassen — sie dürfte (vom dauernden Flüssigkeitstransport abgesehen) nur währen, so lange sich die Gestalt der Amöbe ändert und müsste vom specifischen Gewicht der umgebenden Flüssigkeit abhängen.

Strassburg, 4. Nov. 1897.

Digitized by Google

ELBS, KARL, Die Akkumulatoren. Eine gemeinfassliche Darlegung ihrer Wirkungsweise, Leistung u. Behandlung. 2. Aufl. 48 S. mit 3 Fig. 1896. M. 1.—

Das Schriftchen giebt eine äusserst klare und gemeinverständliche Erklärung des Princips der Akkumulatoren, sowie die Regeln für deren Behandlung und Benutzung. Es wendet sich nicht nur an Chemiker und Physiker, sondern ebenso an Physiologen, Gymnasial- und Mittelschullehrer, Ärzte und Zahnärzte, welche aus Unkenntnis oft schlimme Erfahrungen mit Akkumulatoren machen.

ERHARD, TH., Einführung in die Elektrotechnik. Die Erzeugung starker elektrischer Ströme und ihre Anwendung zur Kraftübertragung. VI, 183 Seiten mit 96 Abbildungen. geh. M. 4.—, geb. M. 4.80

Das vorliegende Buch soll angehenden Ingenieuren in kurzer Form und genügend begründet die Hauptsätze vorführen, auf denen die heutige Starkstromtechnik beruht, und gewissermassen die Mitte halten zwischen einerseits denjenigen Werken, welche, für die Bedürfnisse ausführender Elektrotechniker geschrieben, tief in die Einzelheiten des Gebietes eingehen, und andererseits denjenigen Büchern, welche von den geringsten Vorkenntnissen ausgehend für den Ingenieur zu wenig bieten.

HELMHOLTZ, H. v., Vorlesungen über theoretische Physik. In 6 Bänden. Zuerst erschien: V. Band: Elektromagnetische Theorie des Lichtes herausg. von Arth. König u. C. Runge. XII, 370 S. mit 54 Fig. 1897. M. 14.—

Mit allseitiger Freude wird es begrüsst werden, dass die Vorlesungen des grossen Gelehrten nun doch noch gedruckt erscheinen werden. Sie sind hochbedeutend, da in ihnen Forschungsresultate niedergelegt sind, die H. anderweitig noch nicht veröffentlicht hatte. Für die Wichtigkeit des zuerst erschienenen Band V mag allein darauf hingewiesen werden, dass eine zusammenfassende Darstellung der Optik auf Grundlage der elektromagnetischen Lichttheorie überhaupt noch nicht vorhanden ist.

Es ist zu hoffen, dass noch während des Winters 1897/98 2 weit. Bde. erscheinen können.

HELMHOLTZ, H. v., Wissenschaftliche Abhandlungen. 3 Bände. Mit 2 Porträts und 8 lithographisch. Tafeln in Leinen gebunden unbeschnitten M. 58.— (I. Band VIII, 938 Seiten. 1882. M. 20.—. II. Band VIII, 1021 Seiten. 1883. M. 20.—. III. Band XXXIX, 655 Seiten. 1895. M. 18.—)

Die wissenschaftlichen Arbeiten von Helmholtz sind von beträchtlichem Einfluss auf den Entwickelungsgang der theoretischen Physik unserer Zeit gewesen. Durch die Vereinigung der seiner Zeit als Einzeldrucke oder in verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriften erschienenen Arbeiten in gleichmässigem modernen Wiederabdruck werden dieselben der wissenschaftlichen Welt bequem zugänglich gemacht. —

HERTZ, H., Gesammelte Werke. Band I. Schriften vermischten Inhalts. Etwa 380 Seiten mit vielen Fig., 1 Tafel. Einleitung von Ph. Lenard u. Porträt des Verf. 1895. Preis M. 12.—. Band II. Untersuchungen üb. die Ausbreitung der elektr. Kraft. VIII, 296 S. m. 40 Fig. 2. Aufl. 1895. M. 6.—. Band III. Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Mit einem Vorwort von H. v. Helmholtz. XXIX, 312 S. 1894. M. 12.—. In Halbfranz gebunden jeder Band M. 1.50 mehr.

Das Lebenswerk des früh dahingegangenen Gelehrten liegt in den vorstehenden drei Bänden nun abgeschlossen vor. Je mehr man sich in die geistvollen und klaren Darstellungen versenkt, um so mehr bedauert man, dass der Tod seinem Wirken ein so kurzes Ziel gesteckt hat.

HEYDWEILLER, AD., Hülfsbuch für die Ausführung elektrischer Messungen. VIII, 262 Seiten mit 58 Figuren. 1892. geh. M. 6.—, geb. M. 7.—

Das Buch wird jedem willkommen sein, der, sei es zu rein wissenschaftlichen Zwecken, sei es bei praktischem Bedarf mit elektrischen Messungen zu thun hat. Es enthält wohl alle Methoden, die in neuerer Zeit bekannt geworden sind. Dabei ist auf Fehlerquellen und Korrektionen besondere Rücksicht genommen.

KIRCHHOFF, G. R., Gesammelte Abhandlungen. VIII, 641 Seiten mit Porträ und 2 lithograph. Tafeln. 1882. In Leinen geb. unbeschnitt. M. 15.—
Dazu: **BOLTZMANN, L., Nachtrag.** 137 Seiten mit einer Tafel. 1892. M. 3.60

Die Sammlung enthält Aufsätze aus dem Gebiete der Lehre von der Elektricität und vom Magnetismus, über Elasticität, Optik, Hydrodynamik, Wellentheorie, Wärmetheorie und über Emission und Absorption von Licht und Wärme und schliesst mit den berühmten Abhandlungen über Spektralanalyse. Der von Boltzmann nach Kirchhoff's Tode zusammengestellte Nachtrag bildet die willkommene Ergänzung zu dem Hauptwerke.

Digitized by Google

LODGE, OLIVER J., Neueste Anschauungen über Elektricität. Übersetzt von Anna v. Helmholtz und Estelle Du Bois-Reymond. Herausgeg. durch Richard Wachsmuth. XII, 550 Seiten mit vielen Abbildungen. 1896. geh. M. 10.—, geb. M. 11.—

Hermann v. Helmholtz erklärte einst die eigenartigen Anschauungen des Verfassers einer weiteren Verbreitung für wert. Zwar mag es den deutschen Leser befremden, von den auf diesem Gebiete so tief eingreifenden Arbeiten unserer Landsleute kaum etwas erwähnt zu finden. Aber die besondere Bedeutung dieses Buches beruht ja gerade darauf, dass es ganz einseitig den Standpunkt der Cambridger Schule, der orthodoxen Schüler Maxwells, wiedergiebt. Maxwells Theorie ist aber gegenwärtig durch die epochemachenden Untersuchungen von Hertz vielfach bestätigt und dadurch wieder in den Brennpunkt des Interesses gerückt.

LOMMEL, E. von, Lehrbuch der Experimentalphysik. Vierte Auflage. IX, 558 Seiten mit 430 Fig. u. 1 Spectraltafel. 1897. geh. M. 6.40, geb. M. 7.20

Das „Lehrbuch der Experimentalphysik", aus den Vorträgen des Verfassers entstanden ist bestrebt, die Grundlehren der Physik, ohne weitläufige mathematische Entwicklungen, dem heutigen Standpunkte unserer Kenntnisse gemäss allgemeinverständlich darzustellen. Unter Anknüpfung an alltägliche Erfahrungen und leicht anzustellende Versuche sind die Thatsachen überall zum Ausgangspunkte gewählt. Die Darstellung ist immer anziehend und klar. So reich die Litteratur an Lehrbüchern der Physik ist, war doch ein wirklich brauchbares Buch über die ganze Physik unter Berücksichtigung der neuen Forschungen auf dem Gebiete der Elektricität ein Bedürfnis, was auch daraus hervorgehen dürfte, dass seit Erscheinen der 1. Auflage im Jahre 1893 sich jetzt schon die 4. (Doppel) Auflage nötig gemacht hat.

MACH, E., Die Prinzipien der Wärmelehre, historisch-kritisch dargestellt. Mit vielen Abbild. im Texte u. 6 Porträts. 1896. M. 10.—, geb. M. 11.—

Das vorliegende Buch stellt sich eine analoge Aufgabe wie die „Mechanik" desselben Verf. Es strebt nach erkenntnisskritischer Aufklärung der Grundlagen der Wärmelehre, legt die Thatsachen dar, unter deren Eindruck die Begriffe der Wärmelehre entstanden sind, und zeigt wie weit und warum erstere von letzteren durchleuchtet werden.

MACH, E., Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. VIII, 336 Seiten mit 46 Abbildungen. 2. Aufl. 1897. geh. M. 5.—, geb. M. 5.75

Inhalt: I. Die Gestalten der Flüssigkeit. II. Über die Cortischen Fasern des Ohres. III. Die Erklärung der Harmonie. IV. Zur Geschichte der Akustik. V. Über die Geschwindigkeit des Lichtes. VI. Wozu hat der Mensch zwei Augen. VII. Die Symmetrie. VIII. Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen. IX. Über die Grundbegriffe der Elektrostatik (Menge, Potential, Capazität u. s. w.). X. Über das Prinzip der Erhaltung der Energie. XI. Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung. XII. Über Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken. XIII. Über das Prinzip der Vergleichung in der Physik. XIV. Über den Einfluss zufälliger Umstände auf die Entwickelung von Erfindungen und Entdeckungen. XV. Über den relativen Bildungswert der philologischen und der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer der höheren Schulen.

POGGENDORFF's Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, enthaltend Nachweisungen über Lebensverhältnisse und Leistungen von Mathematikern, Astronomen, Physikern, Chemikern, Mineralogen, Geologen, Geographen u. s. w. aller Völker und Zeiten. III. Band (die Jahre 1858 bis 1883 und viele Ergänzungen umfassend) herausg. von Dr. W. Feddersen u. Prof. A. von Oettingen. Etwa 15 Lieferungen. (Lief. 1—13 bisher erschienen.) à M. 3.—

Mit allseitiger Freude wird es begrüsst werden, dass eine Fortsetzung und Ergänzung dieses einzig dastehenden Werkes erscheinen wird. Sie wird mit Zustimmung und auf Veranlassung des Herrn Dr. W. Feddersen, der bereits einen Teil des Materials von Poggendorff erhalten und das Werk bis 1883 im Manuskript fortgeführt hatte, von Herrn Professor Dr. A. von Oettingen besorgt. Es sollen zwei Bände erscheinen, deren erster als Bd. III sich an Poggendorff's Werk anschliessen und bis 1883 incl. reichen, der zweite als Bd. IV die Zeit von 1884 bis etwa 1900 umfassen soll.

Der Preis von Band I u. II ist auf M. 28.— ermässigt.

WIEDEMANN, E., Das neue physikalische Institut der Universität in Erlangen. 56 Seiten mit 8 Figuren im Text und 7 Tafeln. 1896. M. 6.—

Eine genaue Beschreibung des mit allen modernen Hilfsmitteln ausgestatteten Instituts die nicht nur für die Institutsvorsteher an Hochschulen, sondern auch für Architekten, Baumeister, elektrotechn. Fabriken etc. von Interesse ist.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Digitized by Google

F. Braun. Ueberreicht vom Verfasser.

Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufes variabler Ströme.

Von

Ferdinand Braun.

Separat-Abdruck aus den

Annalen der Physik und Chemie.

Neue Folge. Band 60.

1897.

Leipzig,

Johann Ambrosius Barth.

Digitized by Google

BARUS, C., Die physikalische Behandlung und die Messung hoher Temperaturen. VIII. 92 Seiten mit 30 Figuren und 2 Tafeln. 1892. M. 3.—

Die vorliegende Arbeit zeichnet sich durch grosse Gründlichkeit aus. Dieselbe dokumentiert sich auch schon äusserlich durch die grosse Zahl der Citate, welche der Verfasser dem ersten, die Geschichte der Pyrometrie behandelnden Kapitel beigegeben hat. Im zweiten Kapitel wird die Kalibrierung der Kalorimeter durch bekannte Siede- und Schmelzpunkte behandelt.

BEZOLD, W. von, Hermann von Helmholtz. Gedächtnissrede, gehalten in der Singakademie zu Berlin. 32 Seiten. Mit einem Porträt H.'s nach einem Ölgemälde von F. von Lenbach. 1895. M. 1.50

BOLTZMANN, L., Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektricität und des Lichtes. *I. Theil.* XII, 139 Seiten mit vielen Textfiguren und 2 lithographischen Tafeln. 1891. M. 5.—. *II. Theil.* VIII, 166 Seiten mit Figuren im Text und zwei Tabellen. 1893. M. 5.—

Nur ein Boltzmann konnte den oft unentwirrbar complicirten Plan des Maxwell'schen Lehrgebäudes bis in alle Details so verstehen, um ihn mit dieser Klarheit bloszulegen. Aus den einfachsten Annahmen — den Gesetzen der cyklischen Bewegungen und der Lagrange'schen Gleichung — entwickeln sich die weittragendsten Schlüsse mit einer Klarheit und Eleganz, die neben der vollendeten wissenschaftlichen Befriedigung auch einen hervorragenden ästhetischen Genuss bietet.

BOLTZMANN, L., Vorlesungen über Gastheorie. *I. Theil:* Theorie der Gase mit einatomigen Molekülen, deren Dimensionen gegen die mittlere Weglänge verschwinden. IV, 200 Seiten. 1895. M. 6.—

In dem Werke, das aus an der Münchener und Wiener Universität gehaltenen Vorlesungen entstanden ist, versucht der Verfasser, vor Allem die bahnbrechenden Arbeiten von Clausius und Maxwell übersichtlich wiederzugeben. Aber auch seinen eigenen Arbeiten ist einiger Platz gegönnt. Eine kurzgefasste, möglichst leichtverständliche Darstellung einiger Hauptresultate der Gastheorie Boltzmann's wird von den Fachgenossen gewiss mit grosser Freude begrüsst werden.

In einem II. Theile sollen die van der Waals'sche Theorie, die Gase mit mehratomigen Molekülen und die Dissociation behandelt werden.

CHRISTIANSEN, C., Elemente der theoretischen Physik. Deutsch herausgegeben von Joh. Müller. Mit einem Vorwort von E. Wiedemann. VIII, 458 Seiten mit 134 Figuren. 1894. M. 10.—

Es fehlte bisher ein kurzes Lehrbuch der theoretischen Physik, in dem auf beschränktem Raume die wichtigsten Lehren dieses Gebietes soweit entwickelt werden, dass es nach Durcharbeiten desselben möglich ist, Originalarbeiten, die nicht gerade allzu spezielle Probleme betreffen, zu verstehen. Wie nöthig und nützlich eine solche Einführung in die theoretische Physik ist, werden Viele empfunden haben und Christiansens Werk, vom Verfasser und von Fachgelehrten umgearbeitet und deutschen Verhältnissen angepasst, wird zweifelsohne den jungen Physiker und Mathematiker bei seinen Studien wesentlich fördern.

EBERT, H., Magnetische Kraftfelder. Die Erscheinungen des Magnetismus, Elektromagnetismus und der Induktion, dargestellt auf Grund des Kraftlinien-Begriffes. I. Theil. XVIII, 224 Seiten mit 93 Abbildungen und 2 Tafeln. 1896. M. 8.—

Der Verfasser hat es versucht, die Lehre vom Magnetismus und der Elektricität durchweg dem neuesten Stande der theoretischen Erkenntnis entsprechend aus den Fundamenten zu entwickeln. Noch fehlte es an einem Lehrbuche, welches die neueren Anschauungen in leicht fasslicher Weise in dem Umfange entwickelte, in welchem sie etwa in den Rahmen einer Vorlesung über Experimentalphysik aufzunehmen sind. Das vorliegende Werk, das in zwei Theilen erscheinen wird, soll diese Lücke ausfüllen.

EBERT, H., Anleitung zum Glasblasen. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. VIII, 104 Seiten mit 58 Abbildungen. 1895. M. 2.—

ELBS, KARL, Die Akkumulatoren. Eine gemeinfassliche Darlegung ihrer Wirkungsweise, Leistung u. Behandlung. 2. Aufl. 48 S. mit 3 Fig. 1896. M. 1.—

Das Schriftchen giebt eine äusserst klare und gemeinverständliche Erklärung des Princips der Akkumulatoren, sowie die Regeln für deren Behandlung und Benutzung. Es wendet sich nicht nur an Chemiker und Physiker, sondern ebenso an Physiologen, Gymnasial- und Mittelschullehrer, Ärzte und Zahnärzte, welche aus Unkenntnis oft schlimme Erfahrungen mit Akkumulatoren machen.

Digitized by Google

12. *Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufes variabler Ströme; von Ferdinand Braun.*

1. Die im Folgenden beschriebene Methode benutzt die Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen durch magnetische Kräfte. Diese Strahlen wurden in Röhren erzeugt, von deren einer ich die Maasse angebe, da mir diese die im allgemeinen günstigsten zu sein scheinen (Fig. 1). K ist die Kathode aus Aluminiumblech, A Anode, C ein Aluminiumdiaphragma; Oeffnung des Loches = 2 mm. D ein mit phosphorescirender Farbe überzogener Glimmerschirm. Die Glaswand E muss möglichst gleichmässig und ohne Knoten, der phosphorescirende Schirm

Fig. 1.

so angebracht sein, dass man durch das Glas und den Glimmer hindurch den von den Kathodenstrahlen hervorgebrachten Fluorescenzfleck sehen kann. — Für manche Versuche ist es zweckmässig, den Glimmerschirm unter 45° gegen die Rohraxe zu stellen. — Es empfiehlt sich, um das Rohr in der Nähe des Diaphragmas Stanniol zu wickeln, welches zur Erde geleitet ist (besser noch würde voraussichtlich directe Ableitung des Diaphragmas wirken)[1]).

Die Röhren hatte Hr. Franz Müller (Dr. Geissler's Nachfolger) in Bonn die Freundlichkeit in bekannter vorzüglicher Weise herzustellen und können solche von ihm bezogen werden.

Die Kathodenstrahlen wurden erzeugt meist mit einer 20plattigen Töpler'schen Influenzmaschine; für viele Versuche genügt auch ein rasch spielender Inductionsapparat. Eine in den Kreis geschaltete variable Funkenstrecke gestattet die je günstigste Entladungsart aufzusuchen.

1) Hat sich nicht bewährt.

Digitized by Google

Schiebt man an das Rohr in der Nähe des Diaphragmas eine kleine Magnetisirungsspule, welche *Indicatorspule* genannt werden soll, ihre Axe etwa senkrecht zur Rohraxe gestellt, und lässt dieselbe von Strom durchfliessen, so wird der Lichtfleck wie bekannt abgelenkt. Ein Wechselstrom versetzt ihn in Schwingungen.

Man wird bei diesem Verfahren sicher frei von Eigenschwingungen des anzeigenden Apparates und voraussichtlich auch von Trägheit. Wenigstens ist, bis zum Beweis des Gegentheiles — welches nachzuweisen sehr interessant wäre — anzunehmen, dass letztere sich höchstens in Zeiträumen geltend machen könne, die sich bemessen aus Lichtgeschwindigkeit und linearen Dimensionen des Rohres. Ein sehr grosser Vortheil ist ausserdem die gleichmässige Beweglichkeit des Kathodenstrahles nach allen Richtungen einer Ebene. Ein Nachtheil liegt in der Intermittenz der Kathodenstrahlen. Dieser letztere haftet den von Fröhlich [1]) (Telephonmembranen) und Puluj [2]) (elastische Stäbe) angegebenen Methoden nicht an; aber das Vertrauen, welches man ohne weitere Discussion von Fehlerquellen zu den Angaben des hier vorgeschlagenen Verfahrens haben kann, ist für manche wisssenschaftliche Zwecke doch von grosem Vortheil.

Ich beschreibe einige Versuche.

Schwingungsform von Strömen.

Die Curven sind nach dem Aussehen im rotirenden König'schen Spiegel gezeichnet.

Fig. 2a. Fig. 2b.

Fig. 2*a* giebt die Schwingungsform des Wechselstromes der Strassburger Centrale (50 ganze Schwingungen pro Secunde). Der Strom wurde nach Abschwächung auf ein halbes Ampère (mittels vorgeschalteter Glühlampe) durch eine Spirale von 50 mm Länge, 22 mm äusserem, 10 mm innerem Durchmesser

1) Fröhlich, Electrotechn. Zeitschr. **8.** p. 210. 1887; **10.** p. 65. 1889.
2) Puluj, Electrotechn. Zeitschr. **14.** p. 686. 1893.

Digitized by Google

mit eingeschobenem Eisenkern geleitet. Die Spule liegt horizontal; ihre Axe, senkrecht zur Rohraxe, schneidet das Diaphragma. Amplitude der Curven 2—4 cm; nach Belieben auch darüber.

Die Curve ist überraschend sinusartig; Fig. 2 *b* giebt die von einer Stimmgabel geschriebene, entsprechend vergrösserte, Curve. Sie ist als punktirte noch in 2 *a* fortgesetzt.

Fig. 3 und 4 beziehen sich auf einen ebenso gestellten kleinen Inductionsapparat mit Platinunterbrecher (Länge der Spule 75 mm).

Fig. 3 *a* giebt die Schwingungsform des primären Kreises (secundärer Kreis offen). Der aufsteigende Ast $\alpha\beta$ wird so

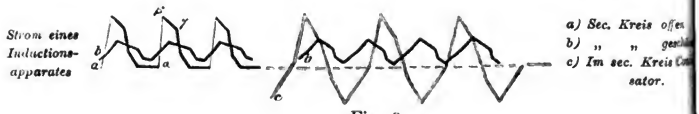


Fig. 3.

rasch zurückgelegt, dass er wegen zu geringer Lichtstärke schwer erkennbar ist. $\beta\gamma$ ist offenbar der Theil des Oeffnungsstromes, während dessen der Oeffnungsfunken noch Contact

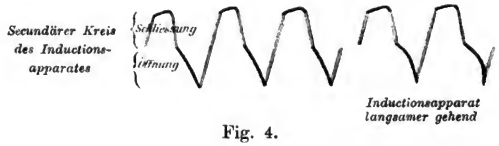


Fig. 4.

giebt. Die horizontale, hellste Strecke entspricht der Stromlosigkeit.

Fig. 3 *b* zeigt die Schwingungsform, wenn der secundäre Kreis metallisch geschlossen ist, der dann gleichzeitig auf den Kathodenstrahl wirkt. Die Amplitude wird etwa $2^1/_2$ mal kleiner, die Schwingungsform sinusartiger.

Fig. 3 *c* erläutert die electrischen Vorgänge, wenn der secundäre Kreis durch einen Paraffinpapiercondensator (wie er in grösseren Inductionsapparaten sich befindet) geschlossen ist. Seine Capacität habe ich nicht bestimmt. Ein Urtheil über dieselbe ergiebt sich daraus, dass beim Laden mit dem

Digitized by Google

(120 voltigen) Wechselstrom der Centrale eine eingeschaltete Glühlampe auf dunkle Rothgluth sich erhitzt.

Die Figuren zeigen die relative Lagerung der Curven. Es ergiebt sich aus ihr: Bei ungeschlossenem secundärem Kreise wird der Eisenkern des Inductionsapparates nach jeder Unterbrechung wieder unmagnetisch; metallische Schliessung des secundären Kreises bewirkt, dass der Kern dauernd magnetisch bleibt; Einschalten des Condensators, dass derselbe durch den Entladungsstrom des letzteren ummagnetisirt wird.

3. *Lissajous'sche Curven.* — Der Wechselstrom geht durch eine vertical über das Diaphragma gestellte Spule; unterhalb der Röhre wird ein kleiner Magnetstab (100 mm lang, 14 mm breit, 6 mm dick) in einer Horizontalebene in Rotation versetzt. Mit wachsender Rotationsgeschwindigkeit beschreibt der leuchtende Punkt die verschiedensten Lissajous'schen Curven; doch sind nur einige derselben hinreichend ruhig, um befriedigend zu erscheinen (z. B. 2 : 1). Auf unisono konnte ich

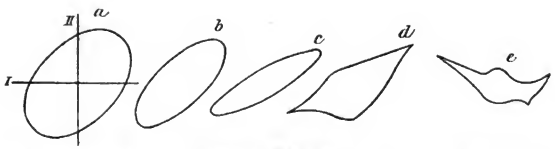


Fig. 5.

die Rotationsgeschwindigkeit des Magneten mit meiner Vorrichtung nicht bringen.

4. Erläuterung von *Phasenverschiebung* des Stromes gegen die electromotorische Kraft infolge von *Induction* und *Condensatorwirkung.*

Der Wechselstrom der Centrale durchläuft 1—6 parallel geschaltete Glühlampen, um seine Stärke zwischen 0,5 und 3 Amp. variiren zu können. Er fliesst ferner durch eine Indicatorspule, welche den Kathodenstrahl horizontal schwingen lässt (Richtung I der Fig. 5) und endlich durch den primären Kreis des erwähnten kleinen Ruhmkorff, dessen Unterbrecher

Digitized by Google

festgestellt ist. Der secundäre Kreis des Apparates versorgt eine feindrähtige Spule (70 mm lang, 30 mm Durchmesser) mit eingelegtem Eisendrahtbündel, die als zweite Indicatorspule dient und den Lichtzeiger in verticaler Richtung oscilliren lässt (vgl. die ähnliche Anordnung Fig. 6 *d*); er geht dann zu einem Umschalter, welcher gestattet entweder die Spule eines Helmholtz'schen Schlittenapparates oder einen gleich grossen inductionsfreien Widerstand einzuschalten. (Die Versuchsbedingungen würden besser so gewählt sein, dass als Indicatorspulen zwei gleiche und von zwei gleichen secundären Spulen gleichphasig gespeiste Rollen benutzt würden.)

Fig. 5 *a* zeigt die Phasenverschiebung des secundären Kreises gegen den primären Wechselstrom. Eingeschaltet ist ausser den unumgänglichen zwei Spulen ein inductionsfreier Widerstand von 353 Ω.

Fig. 5 *b* giebt die Phasenänderung, wenn der inductionslose Widerstand durch einen inductiven von gleichem Ohm'schen Widerstand ersetzt ist. Die Constanten desselben waren:

Ohm'scher Widerstand	$= 353\ \Omega$,
Selbstinductionscoefficient	$= 0{,}83 \cdot 10^9$ cm,
Schwingungszahl des Stromes	$= 50\ \text{sec}^{-1}$,
daher die Inductanz	$= 258\ \Omega$
und der scheinbare Widerstand (Impedanz)	$= 437\ \Omega$.

Wird in den inductiven Widerstand ein Eisendrahtbündel eingeschoben, so entsteht die Curve 5 *c*; Fig. 5 *d*, wenn nun noch dem inductiven Widerstand der früher erwähnte Condensator parallel geschaltet wird; Fig. 5 *e*, wenn die Spule entfernt ist und nur der Condensator sich im Kreis befindet. Sie zeigt ausser der Phasenverschiebung die Ueberlagerung einer etwa dreimal schnelleren Condensatorschwingung.

5. *Phasenverschiebung durch Polarisation.*[1]) Der auf 0,5 Amp. reducirte Wechselstrom gabelt sich in zwei gleiche

1) Vgl. F. Kohlrausch, Pogg. Ann. Jubelband p. 290. 1874; Oberbeck, Wied. Ann. **19.** p. 213. 1883, **21.** p. 139. 1884; Winkelmann, Wied. Ann. **20.** p. 91. 1883.

Digitized by Google

Indicatorspulen der sub 1 angegebenen Maasse. Sie sind senkrecht gegeneinander gestellt.

Man schiebt die Spulen nach Einschalten von gleichen Ballastwiderständen in beiden Zweige so, dass die Lissajous'sche Figur in eine gerade Linie unter 45° Neigung gegen den Horizont übergeht.

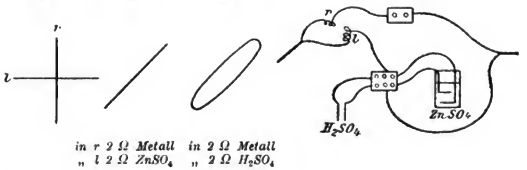
Fig. 6 giebt einige Resultate; *l* bez. *r* in Fig. 6 *a* geben die Bewegung des Punktes durch die im linken, bez. rechten Zweig gelegene Spule (Fig. 6 *d*); im linken Zweig kann durch eine Wippe entweder ein unpolarisirbarer $ZnSO_4$-Widerstand oder der gleich grosse eines SH_2O_4-Voltameters mit blanken Platinplatten eingeschaltet worden.

Fig. 6 *b* zeigt: rechts 2 Ω; links $ZnSO_4$ von 2 Ω.

Fig. 6 *c*: rechts 2 Ω, links das Voltameter. Die Ellipse

Phasendifferenz durch Polarisation.

Fig. 6a. Fig. 6b. Fig. 6c. Fig. 6d.



in r 2 Ω Metall in 2 Ω Metall
„ l 2 Ω $ZnSO_4$ „ 2 Ω H_2SO_4

zieht sich beim theilweisen Herausheben der Electroden unter Aenderung der Axenlage stärker elliptisch aus.

Wird das Voltameter durch ein Kohlrausch'sches Widerstandsgefäss mit platinirten Platinelectroden und verdünnter SH_2O_4 gefüllt ersetzt, so geht die Curve wieder in eine gerade Linie über, genau wie beim $ZnSO_4$.

6. Endlich will ich von Versuchen über die *Fortpflanzungsgeschwindigkeit magnetischer Erregung* durch Eisen hindurch einen beschrieben.

Ein Eisenstab von 1,2 m Länge und 9 mm Durchmesser liegt horizontal und senkrecht zur Rohraxe, sein eines Ende dem Diaphragma möglichst nahe. Auf dem Stab lässt sich eine kleine Magnetisirungsspule verschieben; eine zweite ebensolche ist einer Verticalebene gleichfalls senkrecht zum Rohr angeordnet, so dass unter der gleichzeitigen Einwirkung eines

Digitized by Google

Wechselstroms in beiden Spulen der Lichtfleck eine Curve beschreibt, welche wesentlich durch die dem Diaphragma am nächsten befindlichen Pole bedingt ist. Beide Spulen werden vom gleichen Wechselstrom durchlaufen.

Verschiebt man auf dem langen Stabe die Spule, so ändert sich Gestalt und Orientirung der Schwingungsellipse, und wenn die Spulenmitte etwa 42 cm vom Ende des Stabes entfernt ist, zeigt sie eine Phasendifferenz von $\pi/2$ an (unabhängig von der Stärke des Stromes); aus der Schwingungszahl (50) des Wechselstroms ergiebt sich damit eine „Fortpflanzungsgeschwindigkeit" der magnetischen Erregung von 86 (m/sec), ein Werth, welcher mit dem von Oberbeck[1]) unter ähnlichen Versuchsbedingungen gefundenen (88,7 m für einen 8,7 mm dicken Eisenstab und die Schwingungszahl 133) gut übereinstimmt.

Es handelt sich bei diesem Vorgang, wie bekannt, um complicirte Erscheinungen[2]); in der That zeigten mir Versuche, dass ein eingehenderes Studium erforderlich sein wird, um die Einzelheiten der Beobachtungen zu deuten.

Die magnetische Kraft, welche vom freien Ende des langen Stabes ausgeht, nimmt mit zunehmender Entfernung der Spule ausserordentlich stark ab und zwar viel stärker für Wechsel- als für constanten Strom.

Dies mag durch die folgenden Zahlen erläutert werden:

	Ablenkung durch constanten Strom	Halbe Ablenkung durch Wechselstrom
Spule am Ende des Stabes[3])	32 mm	31 mm
„ verschoben um 10 cm	26 „	23 „
„ „ „ 20 „	16 „	6 „
„ „ „ 30 „	9 „	4 „
„ „ „ 40 „	6 „	1 „

7. Eine Trägheit des Kathodenstrahles ist mir nicht aufgefallen. Jedenfalls folgt er den Schwingungen der Ent-

1) Oberbeck, Wied. Ann. **22.** p. 81. 1884.
2) Vgl. Oberbeck, l. c. u. Wied. Ann. **21.** p. 672. 1884.
3) Ihr nächstes Ende ist 6 cm vom Diaphragma entfernt.

Digitized by Google

ladung einer einzigen Leydener Flasche. Auch wenn sie sich ohne Funkenstrecke durch die secundäre Spule eines ganz kleinen (als Indicatorspule benutzten) Inductionsapparates entlud, wurde der Lichtfleck bald nach oben, bald nach unten um 1 bis 1,5 cm aus der Ruhelage herausgeworfen. Die Methode verlangt, wenigstens bei der bis jetzt benutzten rohen Beobachtungsform ziemlich starke Kräfte, doch darf ihr Zeitintegral warscheinlich recht klein sein.

Strassburg, i. Els., Physikal. Institut.

Digitized by Google

Digitized by Google

Verlag von **Johann Ambrosius Barth** in **Leipzig.**

HECHT, B., Anleitung zur Krystallberechnung. VI und 76 Seiten mit einer Figurentafel u. 5 a. Pauspapier gedruckt. Hilfsprojectionen. 1893. M. 3.—

Die vorliegende Anleitung, für Studierende bestimmt, giebt nach der vom Verfasser herrührenden Methode die allgemeine Lösung der bei der Krystallberechnung auftretenden Aufgaben an und zeigt damit einen Weg, der in jedem Falle zum Ziele führen muss.

HELMHOLTZ, H. v., Wissenschaftliche Abhandlungen. 3 Bände. Mit 2 Porträts und 8 lithographisch. Tafeln in Leinen gebunden unbeschnitten M. 58.— (I. Band VIII, 938 Seiten. 1882. M. 20.—. II. Band VIII, 1021 Seiten. 1883. M. 20.—. III. Band XXXIX, 655 Seiten. 1895. M. 18.—)

Die wissenschaftlichen Arbeiten von Helmholtz sind von beträchtlichem Einfluss auf den Entwickelungsgang der theoretischen Physik unserer Zeit gewesen. Durch die Vereinigung der seiner Zeit als Einzeldrucke oder in verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriften erschienenen Arbeiten in gleichmässigem modernen Wiederabdruck werden dieselben der wissenschaftlichen Welt bequem zugänglich gemacht. —

Die Seitenzahlen der Originalabdrucke sind am Rand beigefügt, sodass Citate derselben auch in der vorliegenden Ausgabe nachgeschlagen werden können. Der III. Band enthält überdies ein Verzeichnis aller Veröffentlichungen H. v. H's.

HERTZ, H., Gesammelte Werke. Band I. Schriften vermischten Inhalts. Etwa 380 Seiten mit vielen Fig., 1 Tafel. Einleitung von Ph. Lenard u. Porträt des Verf. 1895. Preis M. 12.—. Band II. Untersuchungen üb. die Ausbreitung der elektr. Kraft. VIII, 296 S. m. 40 Fig. 2. Aufl. 1895. M. 6.—. Band III. Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Mit einem Vorwort von H. v. Helmholtz. XXIX, 312 S. 1894. M. 12.—. In Halbfranz gebunden jeder Band M. 1.50 mehr.

Das Lebenswerk des früh dahingegangenen Gelehrten liegt in den vorstehenden drei Bänden nun abgeschlossen vor. Je mehr man sich in die geistvollen und klaren Darstellungen versenkt, um so mehr bedauert man, dass der Tod seinem Wirken ein so kurzes Ziel gesteckt hat.

HEYDWEILLER, AD., Hülfsbuch für die Ausführung elektrischer Messungen. VIII, 262 Seiten mit 58 Figuren. 1892. geh. M. 6.—, geb. M. 7.—

Das Buch wird jedem willkommen sein, der, sei es zu rein wissenschaftlichen Zwecken, sei es bei praktischem Bedarf mit elektrischen Messungen zu thun hat. Es enthält wohl alle Methoden, die in neuerer Zeit bekannt geworden sind. Dabei ist auf Fehlerquellen und Korrektionen besondere Rücksicht genommen.

KIRCHHOFF, G. R., Gesammelte Abhandlungen. VIII, 641 Seiten mit Porträt und 2 lithograph. Tafeln. 1882. In Leinen geb. unbeschnitt. M. 15.—
Dazu: **BOLTZMANN, L., Nachtrag.** 137 Seiten mit einer Tafel. 1892. M. 3.60

Die Sammlung enthält Aufsätze aus dem Gebiete der Lehre von der Elektricität und vom Magnetismus, über Elasticität, Optik, Hydrodynamik, Wellentheorie, Wärmetheorie und über Emission und Absorption von Licht und Wärme und schliesst mit den berühmten Abhandlungen über Spektralanalyse. Der von Boltzmann nach Kirchhoff's Tode zusammengestellte Nachtrag bildet die willkommene Ergänzung zu dem Hauptwerke.

LODGE, OLIVER J., Neueste Anschauungen über Elektricität. Übersetzt von Anna v. Helmholtz und Estelle Du Bois-Reymond. Herausgeg. durch Richard Wachsmuth. XII, 550 Seiten mit vielen Abbildungen. 1896. geh. M. 10.—, geb. M. 11.—

Hermann v. Helmholtz erklärte einst die eigenartigen Anschauungen des Verfassers einer weiteren Verbreitung für wert. Zwar mag es den deutschen Leser befremden, von den auf diesem Gebiete so tief eingreifenden Arbeiten unserer Landsleute kaum etwas erwähnt zu finden. Aber die besondere Bedeutung dieses Buches beruht ja gerade darauf, dass es ganz einseitig den Standpunkt der Cambridger Schule, der orthodoxen Schüler Maxwells, wiedergiebt. Maxwells Theorie ist aber gegenwärtig durch die epochemachenden Untersuchungen von Hertz vielfach bestätigt und dadurch wieder in den Brennpunkt des Interesses gerückt.

LOHRMANN, W. G., Mondkarte in 25 Sektionen und 2 Erläuterungstafeln. Neue wohlfeile Ausgabe herausg. von Dr. J. F. Julius Schmidt, mit einem Vorworte von Dr. H. Ebert. 27 Kupfertafeln 4° und Text VIII, 54 Seiten 4°. 1892. M. 25.—

Die von Lohrmann selbst noch vollständig für die Reproduktion mit der Feder ausgearbeiteten Blätter sind ausserordentlich sorgfältig in Kupfer gestochen und machen zufolge der hierdurch bedingten Schärfe und Klarheit aller Formen einen technisch schöneren Eindruck, als die lithographischen Blätter von Neison und Mädler oder als die kräftigen in bräunlich gelbem Ton heliotypisch vervielfältigten Darstellungen Schmidt's.

Digitized by Google

Verlag von **Johann Ambrosius Barth** in **Leipzig.**

LOMMEL, E. von, Lehrbuch der Experimentalphysik. Dritte Auflage. XII, 556 Seiten mit 430 Fig. u. 1 Spectraltafel. 1896. geh. M. 6.40, geb. M. 7.20

Das „Lehrbuch der Experimentalphysik", aus den Vorträgen des Verfassers entstanden ist bestrebt, die Grundlehren der Physik, ohne weitläufige mathematische Entwicklungen, dem heutigen Standpunkte unserer Kenntnisse gemäss allgemeinverständlich darzustellen. Unter Anknüpfung an alltägliche Erfahrungen und leicht anzustellende Versuche sind die Thatsachen überall zum Ausgangspunkte gewählt. Die Darstellung ist immer anziehend und klar. So reich die Litteratur an Lehrbüchern der Physik ist, war doch ein wirklich brauchbares Buch über die ganze Physik unter Berücksichtigung der neuen Forschungen auf dem Gebiete der Elektricität ein Bedürfnis, was auch daraus hervorgehen dürfte, dass seit Erscheinen der 1. Auflage im Jahre 1893 sich jetzt schon die 3. (Doppel) Auflage nötig gemacht hat.

MACH, E., Die Prinzipien der Wärmelehre, historisch-kritisch dargestellt. Mit vielen Abbild. im Texte u. 6 Porträts. 1896. M. 10.—, geb. M. 11.—

Das vorliegende Buch stellt sich eine analoge Aufgabe wie die „Mechanik" desselben Verf. Es strebt nach erkenntnisskritischer Aufklärung der Grundlagen der Wärmelehre, legt die Thatsachen dar, unter deren Eindruck die Begriffe der Wärmelehre entstanden sind, und zeigt wie weit und warum erstere von letzteren durchleuchtet werden.

MACH, E., Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. VIII, 336 Seiten mit 46 Abbildungen. 1896. geh. M. 5.—, geb. M. 5.75

Inhalt: I. Die Gestalten der Flüssigkeit. II. Über die Cortischen Fasern des Ohres. III. Die Erklärung der Harmonie. IV. Zur Geschichte der Akustik. V. Über die Geschwindigkeit des Lichtes. VI. Wozu hat der Mensch zwei Augen. VII. Die Symmetrie. VIII. Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen. IX. Über die Grundbegriffe der Elektrostatik (Menge, Potential, Capazität u. s. w.). X. Über das Prinzip der Erhaltung der Energie. XI. Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung. XII. Über Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken. XIII. Über das Prinzip der Vergleichung in der Physik. XIV. Über den Einfluss zufälliger Umstände auf die Entwickelung von Erfindungen und Entdeckungen. XV. Über den relativen Bildungswert der philologischen und der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer der höheren Schulen.

POGGENDORFF's Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, enthaltend Nachweisungen über Lebensverhältnisse und Leistungen von Mathematikern, Astronomen, Physikern, Chemikern, Mineralogen, Geologen, Geographen u. s. w. aller Völker und Zeiten. III. Band (die Jahre 1858 bis 1883 und viele Ergänzungen umfassend) herausg. von Dr. W. Feddersen u. Prof. A. von Oettingen. Etwa 19 Lieferungen. (Lief. 1—7 bisher erschienen.) à M. 3.—

Mit allseitiger Freude wird es begrüsst werden, dass eine Fortsetzung und Ergänzung dieses einzig dastehenden Werkes erscheinen wird. Sie wird mit Zustimmung und auf Veranlassung des Herrn Dr. W. Feddersen, der bereits einen Teil des Materials von Poggendorff erhalten und das Werk bis 1883 im Manuskript fortgeführt hatte, von Herrn Professor Dr. A. von Oettingen besorgt. Es sollen zwei Bände erscheinen, deren erster als Bd. III sich an Poggendorff's Werk anschliessen und bis 1883 incl. reichen, der zweite als Bd. IV die Zeit von 1884 bis etwa 1900 umfassen soll.

Der Preis von Band I u. II ist auf M. 28.— ermässigt.

ROSENBERGER, F., Isaac Newton und seine physikalischen Principien. Ein Hauptstück aus der Entwickelungsgeschichte der modernen Physik. IV, 538 Seiten mit 25 Abbildungen. 1895. M. 13.50

Isaac Newton ist von seinem ersten Auftreten in der wissenschaftlichen Welt an in der verschiedensten, ja oft in ganz entgegengesetzter Weise beurtheilt worden und diese Verschiedenheit hat sich in der letzten Zeit nicht verkleinert, sondern eher vergrössert. Es erschien danach als ein nützliches, ja nothwendiges Unternehmen eine neue, auf breitester Grundlage ruhende Darstellung der gesammten wissenschaftlichen Wirksamkeit Newton's wie seiner Wechselwirkungen mit den Zeitgenossen zu unternehmen und eine so viel wie möglich abschliessende Würdigung seiner Verdienste zu versuchen. Der Verfasser hofft damit nicht bloss der Geschichte, sondern auch der Physik der Gegenwart, die doch mit breiter Grundlage noch auf Newton's Principien ruht, nützlich geworden sein.

WIEDEMANN, E., Das neue physikalische Institut der Universität in Erlangen. 56 Seiten mit 8 Figuren im Text und 7 Tafeln. 1896. M. 6.—

Eine genaue Beschreibung des mit allen modernen Hilfsmitteln ausgestatteten Instituts, die nicht nur für die Institutsvorsteher an Hochschulen, sondern auch für Architekten, Baumeister, elektrotechn. Fabriken etc. von Interesse ist.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Digitized by Google

. Braun. Ueberreicht vom Verfasser.

Zur physikalischen Deutung der Thermoelectricität.

Von

Ferdinand Braun.

Separat-Abdruck aus den

Annalen der Physik und Chemie.

Neue Folge. Band 50.

1893.

Leipzig.

Johann Ambrosius Barth
(Arthur Meiner).

Digitized by Google

Digitized by Google

4. *Zur physikalischen Deutung der Thermoelectricität; von Ferdinand Braun.*

§ 1. Die Thatsache, dass die thermoelectrische Kraft von der Natur der Metalle abhängt, ist mir immer sonderbar erschienen, vom folgenden Gesichtspunkte aus betrachtet: Thermoelemente stellen Maschinen vor, welche Wärme in electrische Energie verwandeln. Wir wollen annehmen, zwei solche Elemente arbeiteten bei der gleichen Stromstärke zwischen denselben Temperaturen und nach einem Carnot'schen Process, d. h. die Stoffe sollen frei von Thomsoneffect gedacht sein. Sie arbeiten dann beide mit gleichem Nutzeffect; aber der absolute Betrag von Arbeit, den sie in derselben Zeit liefern, ist verschieden. Beide Maschinen sollen *beliebig grosse* Wärmemengen bei den resp. Temperaturen T und t zur Verfügung stehen — warum verwandeln sie immer nur einen kleinen Bruchtheil der gebotenen Wärme und warum vor allem die eine mehr, als die andere, da sie sich doch unter *gleich günstigen äusseren* Bedingungen befinden? Diese Frage hat mich, wenn auch zu keiner genügenden Antwort, so doch zu einer Anschauung geführt, die ich vielleicht mittheilen darf in Anbetracht dessen, dass es sich um ein Gebiet handelt, wo der Theorie einstweilen die Angriffspunkte fehlen.

Stellen wir uns zwei calorische Maschinen vor, die unserer Besichtigung unzugänglich sind; beide mögen zwischen denselben Temperaturen arbeiten, ferner mit gleichem Nutzeffect, beiden ständen unbegrenzte Wärmemengen zur Verfügung, und doch liefere die eine in derselben Zeit mehr Arbeit, als die andere. Was würde die Antwort auf die Frage nach dem Warum sein? Ich denke, wir würden einfach sagen: die eine Maschine wird grösser, als die andere sein.

Diese Antwort übertrage ich mit einer nahegelegenen Aenderung auf unseren Fall. Ich stelle mir vor, Thermoelemente beständen aus Maschinen von molecularen Dimensionen; in jedem Thermoelement befinden sich sehr viele solcher

Digitized by Google

Maschinen. Jede einzelne arbeitet mit demselben Nutzeffect. Der Unterschied ihrer electromotorischen Kräfte beruht darin, dass im einen Thermoelement relativ viele, im anderen wenige solcher Molecularmaschinen vorhanden sind.

Dies führt mich auf die *Hypothese*: Nicht alle Molecüle eines Metalles sind — als thermische Maschinen gedacht — arbeitsfähig; aber die arbeitsfähigen arbeiten stets mit gleichem Nutzeffect.

Dies gilt zunächst nur, wenn kein Thomsoneffect auftritt.

§ 2. Die Erfahrung zeigt Folgendes: Bringt man zwischen die erwärmten Löthstellen zweier Metalle A und B ein gleichtemperirtes C, so ändert dies an der electromotorischen Kraft nichts. Man kann dies nach bekannten einfachen Ueberlegungen als selbstverständlich betrachten. Es müsste nämlich, wäre dem nicht so, auch ohne Temperaturdifferenz eine electromotorische Kraft auftreten — was mangels eines Arbeitsäquivalentes für die electrische Energie nicht denkbar ist. Der Satz führt aber doch zu einer beachtenswerthen und für unsere Betrachtungen nützlichen Folgerung, nämlich dahin, dass die thermoelectrische Kraft bestimmt ist durch die Differenz von Constanten, von denen sich eine jede bezieht nur je auf das Metall A resp. B, dass aber keine Constante eingeht, welche bestimmt ist durch das Verhalten von A gegen B. Ich erweitere diesen Schluss zu der Annahme: In jedem Metall ist der Effect eines arbeitsfähigen Molecüls unabhängig von der Natur seiner Umgebung. Da er nach dem oben Geschlossenen auch unabhängig von der stofflichen Natur des Arbeitsmolecüls selber ist, bleibt er also lediglich Temperaturfunction.

§ 3. Wir wollen uns nun zunächst fragen, was der Thomsoneffect bedeutet. Ich nehme als feststehend an, dass in homogenen Körpern die Temperaturvertheilung die thermoelectrische Kraft nicht beeinflusst.[1]) Was heisst: ein Metall besitzt keinen Thomsoneffect?

---

1) Die Fälle, welche dem scheinbar widersprechen, sind auf Inhomogenitäten, Drucke, welche das Metall an einzelnen Stellen gleichsam in einen Krystall umgestalten, zurückzuführen, wie ich näher im Artikel „Thermoelectricität" in Winkelmann's Handbuch ausgeführt habe und was mir nach einem Durchexperimentiren der betreffenden Erscheinungen unzweifelhaft erscheint.

Digitized by Google

Die Rechnung, welche sich leicht verallgemeinern liesse (vgl. § 5), wollen wir möglichst einfach halten. Ich denke mir in einen Stab drei gleich weit voneinander abstehende Querschnitte gelegt. Der erste habe die Temperatur T_1, der zweite T_2, der dritte T_3, welche nur wenig voneinander verschieden seien. Ein arbeitendes Molecül nehme bei T_1 die Wärmemenge Q_1 auf und gebe q_1 bei T_2 ab; ebenso werde von einem Molecül bei T_2 aufgenommen Q_2 und davon q_2 bei T_3 abgegeben. Dann ist:

$$\text{(I)} \qquad \frac{Q_1 - q_1}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\text{(II)} \qquad \frac{Q_2 - q_2}{Q_2} = \frac{T_2 - T_3}{T_2}.$$

Den oben angenommenen Satz interpretire ich dahin, dass Nutzeffect und gewonnene Arbeit die gleichen seien, auch wenn man die Schicht T_2 fehlen liesse und von T_1 direct auf T_3 überginge. Bei dem gleichen Q_1 muss daher auch q_2 das gleiche sein und ferner der absolute Arbeitsbetrag, wie er aus den Gleichungen (I) und (II) folgt, gleich $Q_1 - q_2$; d. h.

$$Q_1 - q_1 + Q_2 - q_2 = Q_1 - q_2 \quad \text{oder} \quad -q_1 + Q_2 = 0.$$

Befänden sich zwischen den Querschnitten T_1 und T_2 im ganzen n_1 arbeitende Molecüle, zwischen T_2 und T_3 dieselbe Zahl ($n_2 = n_1$) arbeitende Molecüle, so würde daher an dem Querschnitt T_2 keine Aenderung des Wärmeinhaltes auftreten. Dies wäre aber nicht mehr der Fall, wenn $n_1 \lesseqgtr n_2$ ist; an der Stelle T_2 würden wir dann Thomsoneffect erhalten.

Der Thomsoneffect beruht also darauf, dass die Zahl der arbeitsfähigen Molecüle sich mit der Temperatur ändert.

§ 4. Der Peltier- und Thomsoneffect sind proportional der durchgegangenen Electricitätsmenge. Mit der entwickelten Anschauung lässt sich dies in zweierlei Weise in Einklang bringen: entweder, man nimmt an, dass die Arbeit, welche jedes der supponirten Theilchen liefert, der von ihm übertragenen Electricitätsmenge proportional ist; oder, man müsste sich vorstellen, dass der Strom selber die Zahl der activen Partikelchen bestimme. Die erste der bei der Stromleitung durch Electrolyte angenommenen Vorstellung analogere erscheint

Digitized by Google

die natürlichere; die letztere würde es als wahrscheinlich ergeben, dass der Peltiereffect mit wachsender Stromstärke einem Grenzwerthe zustrebt, wie es zwar thatsächlich, aber nur scheinbar — infolge der nicht mehr genügenden Wärmeableitung — stattfinden wird.

§ 5. Es sei nun ein Thermoelement gegeben, dessen Löthstellen die Temperaturen T_1 und T_3 besitzen. Nachdem die Electricitätsmenge 1 es durchflossen hat, werden in einem Metall die folgenden Wärmemengen entstanden sein.

Wenn N_1 Uebertragungen zwischen T_1 und T_2, und N_2 Uebertragungen zwischen T_2 und T_3 stattfanden, so ist an den Querschnitt T_2 abgegeben die Wärme $N_1 q_1$, weggeführt $N_2 q_1$, d. h. es bleibt daselbst die Wärmemenge $(N_1 - N_2) q_1$.

Wir setzen nun $N = n i$, wo i die Stromstärke bedeutet; wir wollen $i = 1$ setzen und die Zeit aus der Betrachtung herauslassen. Allgemein ist dann an der Stelle von der absoluten Temperatur t die Thomson'sche Wärme:

$$\text{Thomson'sche Wärme} = q \frac{dn}{dt} dt, \text{ wo } q = \frac{Q_1}{T_1} t = \alpha t.$$

Die n entsprechende Grösse im zweiten Metall werde mit ν bezeichnet.

Die beiden Hauptsätze geben dann:

$$(1) \qquad \Pi_1 - \Pi_3 + \alpha \int_{T_1}^{T_3} t \frac{d(n-\nu)}{dt} dt + E = 0,$$

wenn E die electromotorische Kraft des Elementes bedeutet. Ferner:

$$(2) \qquad \frac{\Pi_1}{T_1} - \frac{\Pi_3}{T_3} + \alpha \int_{T_1}^{T_3} \frac{d(n-\nu)}{dt} dt = 0.$$

Verfährt man ganz in der von Thomson angegebenen Weise, so wird (1) und (2) resp.

$$(1a) \qquad \int_{T_1}^{T_3} \left(\frac{d\Pi}{dt} + \alpha t \frac{d(n-\nu)}{dt} \right) dt + E = 0$$

Digitized by Google

(2a) $$\int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{d}{dt} \frac{H}{t} + \alpha \frac{d(n-\nu)}{dt} \right) dt = 0,$$

d. h.

$$\frac{d}{dt} \frac{H}{t} + \alpha \frac{d(n-\nu)}{dt} = 0.$$

Differentiirt man aus und substituirt man in (1a), so folgt:

$$E = \int_{T_1}^{T_2} \frac{H}{t} dt,$$

und daraus folgt:

$$H = t \frac{dE}{dt}.$$

Nach unserer Annahme muss aber sein:

$$H = (n-\nu) q = (n-\nu) \alpha t$$

oder

$$\frac{dE}{dt} = (n-\nu) \alpha.$$

Die Thomsonwärme ist nach (1):

$$\int_{T_1}^{T_2} \alpha t \frac{d(n-\nu)}{dt} dt = \int_{T_1}^{T_2} (\sigma_1 - \sigma_2) dt$$

in Thomson's Bezeichnung; d. h.

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \alpha t \frac{d(n-\nu)}{dt} = t \frac{d^2 E}{dt^2}.$$

Es genügen also unsere Annahmen allen aus der Thermodynamik folgenden Schlüsse. Sie haben den Vortheil, dass sie unmittelbar anschaulich machen, warum man gerade diese Processe, obschon sie mit nicht reversibelen gemischt sind, herausschälen darf, um auf sie die zwei Hauptsätze anzuwenden.

§ 6. Wendet man die Betrachtungen auf Versuche an, wie sie im vorhergehenden Aufsatze von Hrn. Englisch beschrieben sind (verdünnte Amalgame gegen Quecksilber), so ergeben sich die folgenden Formulirungen.

Die Zahl n setze ich proportional der in der Volumeneinheit enthaltenen supponirten Arbeitselemente. In der Volumeneinheit Quecksilber seien a_1 derartiger activer Molecüle, im Amalgam enthalte 1 cm³ v_2 cm³ Quecksilber und φ cm³

Digitized by Google

gelösten Metalles; in seiner Volumeneinheit seien b wirksame Molecüle enthalten. Dann wäre, wenn der Index 1 sich auf das reine Quecksilber, 2 auf das im Amalgam enthaltene bezieht:

$$n_1 = a_1$$
$$n_2 = a_2 v + b\varphi$$
$$n_1 - n_2 = a_1 - a_2 v - b\varphi = d\eta/dt$$
$$= a_1 - a_2 + (a_2 - b)\varphi.$$

Für sehr geringe Concentrationen wird man $a_1 = a_2$ annehmen dürfen und bekommt so:

$$n_1 - n_2 = (a_1 - b)\varphi.$$

Die geforderte lineare Abhängigkeit von der Concentration besteht nur in verhältnissmässig kleinen Gebieten. In diesen aber verhält es sich so, dass einfach die Differenz der das reine Quecksilber und das (verdünnte) Metall charakterisirenden Constanten eingeht.

Dass gleiche, aber kleine Volumina eines dritten, wenn auch sonst stark wirkenden Metalles, wenn sie zum Quecksilber sowohl als zum Amalgam zugesetzt werden, das thermoelectrische Verhalten nicht ändern, ist damit in gutem Einklang.

Für grössere Concentrationen wird man natürlich a_2 und b als Functionen der Concentrationen aufzufassen haben.

§ 7. Die entwickelten Vorstellungen supponiren, dass auch in gleich temperirten Metallen bei Stromdurchgang Wärmeübertragungen stattfinden, welche aber dann nicht in Erscheinung treten. Sie führen somit auf die von F. Kohlrausch ausgesprochene Hypothese und zwar gerade in der durch spätere Discussionen herausgehobenen Form [1]), dass der Wärmetransport des Stromes bei constanter Temperatur mit der Circulation erhitzten Dampfes zu vergleichen sei. Auch die thermomagnetischen Erscheinungen führen zu dem nicht zu umgehenden Schlusse, dass im Magnetfelde Bedingungen herstellbar sind, wo eine in sich zurückkehrende Wärmebewegung auf einer Isothermen stattfinden muss. [2]) Den hier angenommenen Molecularmaschinchen kann dieser Antheil zugelegt werden.

1) F. Kohlrausch, Wied. Ann. **23.** p. 479. 1884.
2) Ettingshausen u. Nernst, Wied. Ann. **33.** p. 483. 1888.

Digitized by Google

Nimmt man neben den activen Theilchen noch „passive“ an, welche die Electricität in anderer Weise übertragen, so ergeben sich leicht Formulirungen für die galvanische Leitungsfähigkeit von Metallen und Gemischen derselben, welche zeigen, dass das thermoelectrische Verhalten mitbestimmend ist für die Leitungsfähigkeit, wie Andeutungen dafür in Beobachtungen vorliegen, auf die schon öfter hingewiesen worden ist. Doch haben die Relationen, die ich deshalb unterdrücke, wie mir scheint, erst dann Aussicht auf eine experimentelle Prüfung, wenn sich aus systematischen Beobachtungen ergeben sollte, dass man noch weitere vereinfachende Annahmen einführen darf.

§ 8. Wenn die Ausgangsbetrachtungen dazu führten, als die Erreger des Thermostromes Gebilde anzunehmen, welche jedes individuellen Charakters entbehren, so führt dies zu einer weiteren Vermuthung. Jedes einzelne liefert Energie nur nach Maassgabe der von ihm transportirten Electricitätsmenge und seiner Temperatur. Ein Thermoelement, welches eine ihm zugeführte Wärmemenge allmählich aufarbeitet, gleicht einer Gasmasse, deren Temperatur, ohne Volumenänderung, über die der Umgebung erhöht wurde und welcher man dann gestattet, sich unter Arbeitsleistung auszudehnen. Im letzteren Falle hängt die Arbeitsleistung ab von demjenigen Theil der Energie, welcher als translatorische im Gase enthalten ist, wie ja thatsächlich sie allein eine orientirte Energie repräsentirt. Ich möchte daraus die Vermuthung schöpfen, dass auch die thermoelectrische Constante eines Metalles proportional sei der fortschreitenden Energie. Von einer solchen lässt sich in flüssigen Amalgamen reden; sie müsste in ihnen die Wärmeleitungsfähigkeit bestimmen. Was ihr in festen Körpern entspricht, scheint vorläufig unnöthig zu discutiren. Die Thatsache aber, dass in flüssigen Metallen die thermoelectrische Kraft eine andere Temperaturfunction ist, als in festen[1]), während beide ziemlich stetig ineinander übergehen, ist mit der Annahme gut verträglich.

Tübingen, Physikal. Institut, Juni 1893.

1) Vgl. den vorstehenden Aufsatz von Hrn. Englisch.

Digitized by Google

BOUND IN LIBRARY,
AUG 27 1907

Digitized by Google